

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология и оборудование для восстановления гидрокоробок  
буровых насосов»

Студент	<u>В.В. Смирнов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>К.В. Моторин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Наплавка является достаточно универсальным и экономичным способом для восстановления деталей машин и механизмов, придания им необходимой износостойкости. Целесообразность применения наплавочных электродов обусловлена относительной простотой метода наплавки – ее можно выполнять во всех пространственных положениях, наплавлять на детали со сложной геометрией.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонта гидравлических коробок буровых насосов за счёт применения эффективных технологий наплавки.

Базовая технология восстановительной наплавки предусматривает применение ручной дуговой наплавки штучными электродами, что приводит к появлению большого числа дефектов, снижает производительность наплавочных работ, которые проходят при неблагоприятных условиях труда сварщика.

Достижение поставленной цели осуществлено путём решения следующих задач:

- 1) обосновать выбор способа восстановительной наплавки детали;
- 2) составить проектную технологию восстановительной наплавки;
- 3) выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 4) выполнить оценку экономической эффективности предложенных технических решений.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание изделия	7
1.2 Сведения о материале изделия	8
1.3 Базовая технология ремонтной сварки	10
1.4 Пути повышения износостойкости восстановленной детали	13
1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	16
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ	
2.1. Выбор способа восстановительной наплавки	17
2.2 Повышение эффективности восстановительной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения	20
2.3 Выбор параметров режима	24
2.4 Выбор материала для наплавки изношенной поверхности цилиндра	27
2.5 Технология наплавки	29
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса	33
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков	35
3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки	36
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	38
3.6 Выводы по экологическому разделу	39
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПУСКНОЙ	

<b>КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ</b>	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов	40
4.2 Расчёт фонда времени	42
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса	43
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	45
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям	50
4.6 Показатели экономической эффективности проектной технологии	53
4.7 Заключение по экономическому разделу	54
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>56</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>57</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Изнашивание деталей во многих случаях эксплуатации является основной причиной выхода из строя машин и оборудования. Большое разнообразие механизмов разрушения поверхности трения и условий работы обуславливает очень широкий диапазон скоростей изнашивания и, соответственно, износостойкости материалов.

Современная классификация различает более десяти классов износостойкости, при этом износостойкость материалов соседних классов отличается на порядок. Наиболее разрушительными видами изнашивания являются абразивное и коррозионно-абразивное [1, 2]. Данным видам изнашивания подвержены рабочие органы широкой номенклатуры промышленного оборудования. Для их восстановления и повышения износостойкости используют изготовительную и ремонтную наплавку [3] электродами, порошковой проволокой и порошковой лентой соответствующих марок [4, 5, 6].

Альтернативным способом защиты от абразивного изнашивания является использование деталей из износостойких материалов [7, 8].

Наплавка является достаточно универсальным и экономичным способом для восстановления деталей машин и механизмов, придания им необходимой износостойкости. Целесообразность применения наплавочных электродов обусловлена относительной простотой метода наплавки – ее можно выполнять во всех пространственных положениях, наплавлять на детали со сложной геометрией.

Вместе с тем, использование электродов имеет и свои недостатки: значительно выше стоимость изготовления, чем например сварочная проволока, большие потери при наплавке, вынужденные перерывы в работе для замены электродов. Наплавочные электроды подбирают в зависимости от вида износа, для защиты от которого они предназначены. Подбирать универсальные наплавочные электроды весьма проблематично, т. к. при

увеличении стойкости к абразивному износу уменьшается стойкость к ударам и наоборот. Поэтому оптимальность выбора наплавочного электрода определяется часто субъективно в зависимости от квалификации специалиста, правильного определения условий работы упрочняемых деталей.

Кроме традиционных методов наплавки деталей электродами нашли применение методы плазменной наплавки и технология изготовления стальных отливок с поверхностно-легированным износостойким слоем (ПЛС). Метод плазменной наплавки-напыления с применением порошкового композиционного материала, обладающего особо высокой абразивной износостойкостью, состоит в нанесении абразивостойкого покрытия из порошкового материала на изнашиваемую поверхность деталей с использованием ручного или механизированного плазмотрона. Покрытие предназначено для нанесения на детали из углеродистых и легированных сталей, а также чугуна.

Одной из типовых деталей, требующих проведения ремонта и упрочнения, является гидравлическая коробка бурового насоса, при ремонте которой в базовом варианте технологии используется сварка штучными электродами. Применение же перспективных методов восстановления и упрочнения деталей позволит повысить производительность и качество восстановительных работ.

Таким образом, актуальна **цель** выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонта гидравлических коробок буровых насосов за счёт применения эффективных технологий наплавки.

# 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

## 1.1 Описание изделия

Гидравлическая коробка бурового насоса (рис. 1.1) служит для образования рабочих камер, и каналов, по которым жидкость подводится к рабочим камерам и отводится от них, а также для размещения и крепления клапанов и остальных элементов гидравлической части.

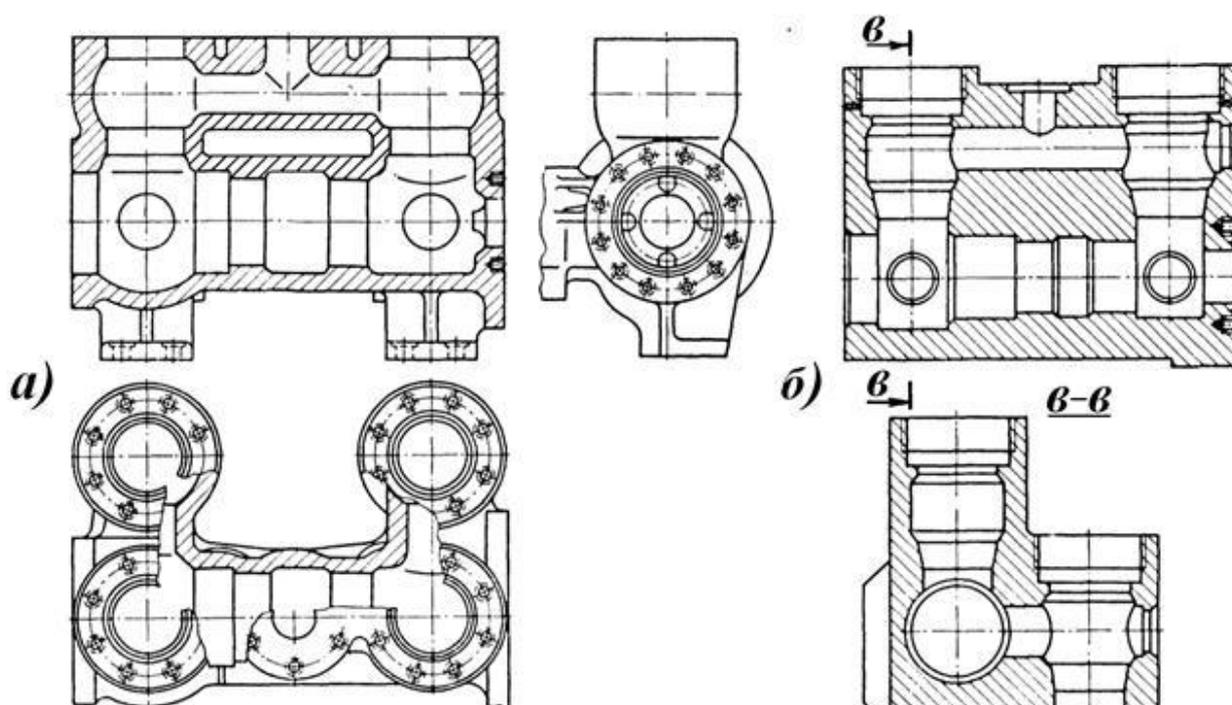


Рисунок 1.1 – Гидравлическая коробка насоса

Гидравлическая коробка может быть литой из стали, кованой и сварной из отдельных элементов. Достоинствами кованой коробки являются простота изготовления, небольшая масса при больших давлениях насоса.

Гидрокоробки выполняются одноцилиндровыми или многоцилиндровыми. Двухцилиндровые насосы, как правило, снабжаются индивидуальными коробками для каждого цилиндра. В некоторых конструкциях индивидуальные коробки после сборки их со станиной соединяются болтовыми соединениями или сваркой. В многоцилиндровых насосах гидрокоробки нередко бывают исполнены в виде блока цилиндров.

Стальные литые коробки используют при давлении не свыше 25,0 МПа, а кованные – при более высоком давлении. Фирмы США нередко используют ковано-сварные гидрокоробки.

Рассматриваемая коробка гидравлическая (гидрокоробка) входит в состав бурового насоса УНБ-600. На буровой насос УНБ-600 устанавливается две коробки гидравлических – левая и правая. Материал изготовления коробок гидравлических (гидрокоробок) – сталь 30ХГСА. Вес коробки гидравлической – 1655 кг. Коробка гидравлическая рассчитана на рабочее давление до 250 МПа.

Коробки гидравлические (гидрокоробки) предназначены для приёма и подачи бурового раствора при бурении скважин. Всасывание и нагнетание бурового раствора происходит за счет возвратно-поступательного движения штока с поршнем в корпусе коробки гидравлической. На гидрокоробке устанавливаются клапана для обеспечения процесса нагнетания бурового раствора.

Основными причинами выхода из строя коробок гидравлических (гидрокоробок) являются: приготовление, подготовка и очистка бурового раствора с нарушением технологии; неправильная сборка и регулировка деталей и узлов, входящих в насос УНБ-600.

Коробки гидравлические (гидрокоробки), в зависимости от степени износа, подлежат капитальному ремонту.

## 1.2 Сведения о материале изделия

Гидравлическая коробка бурового насоса изготавливается из стали 30ХГСА,

Таблица 1.1 – Химический состав стали 30ХГСА

C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,31	1,00	1,10	0,95	0,11	0,018	0,014

Холодные трещины, как известно, являются наиболее распространенным дефектом при сварке стали 30ХГСА. При этом образование и развитие холодных трещин определяется комплексом факторов, воздействие каждого из которых зависит от состава основного металла, вида сварной конструкции, способа сварки и др. В ряде работ [9, 10] показано, что перспективным путем борьбы с холодными трещинами может служить нитридное модифицирование металла шва сварных соединений. Рассмотренные в работах [11, 12] исследования позволили выбрать перспективную легирующую основу, позволяющую осуществлять разработку электродных материалов для сварки закаливающихся сталей.

Очень часто наблюдается переход трещин из металла шва в околошовную зону и обратно. При этом необходимо отметить, что разрушение во многих случаях захватывает участок зоны сплавления соединений, подвергающийся полной или частичной перекристаллизации при сварке. Можно также наблюдать, как трещина распространяется по линии сплавления или параллельно ей, но в непосредственной близости – по так называемому участку подплавления.

Довольно часто также наблюдаются микротрещины именно в переходной зоне на имеющихся здесь дефектах (непроварах, включениях и т.п.). Видно также, что на начальном участке распространения трещины в металле часто отмечаются скопления неметаллических включений, имеющих сложную форму с острыми углами. Таковыми могут быть карбонитриды, оксикарбонитриды, окси- и карбосульфиды, сложные шпинели, силикатные стекла и т. п. Во многих случаях микротрещины обнаружены в участках с повышенным содержанием пленочных и строчечных включений, которые, по-видимому, являются легкоплавкими сульфидными эвтектиками. Существенна роль включений также и в распространении трещин.

### 1.3 Базовая технология ремонтной сварки

Основу бурового раствора составляет вода и тонкодисперсные глинистые вещества. В качестве добавок вводится множество других компонентов. Все зависит от множества факторов. Например, для работы при повышенном давлении в состав раствора добавляют утяжелители – мел, гематит, бармит. При работе в условиях повышенных температур необходимо сохранение характеристик раствора при работе. Для чего в состав раствора вводят хроматы натрия или кальция. Анализ вводимых веществ показывает, что фрикционные характеристики растворов приводят к достаточно быстрому износу поверхностей коробки, контактирующих с поршнем. При величине износа свыше 2 мм на диаметре 250 мм величина зазора не обеспечивает получения заданного давления при перекачке раствора.

Выполняется демонтаж корпуса и он перевозится на ремонтный участок предприятия. В процессе демонтажа, с учетом весовых характеристик корпуса задействован автокран стреловой. Также и на ремонтном участке разгрузка осуществляется с использованием внутрицехового мостового крана. Кран устанавливает изношенную деталь на участок подготовки.

Первая подготовительная операция – мойка гидрокоробки. Загрязнения удаляются струей воды под давлением при помощи моечного аппарата. На предприятии применяются моющие аппараты отечественного производства «Посейдон» E15-250-30-Reel, рисунок 2.1. Аппарат обеспечивает давление воды 250 атмосфер при расходе ее 30 литров в минуту. Вес установки 247 кг.

Следующая операция – дефектация. Выполняются измерения с помощью комплекса измерительных инструментов. Выполняется осмотр изношенной поверхности и гидрокоробки в целом на наличие трещин, коррозионных повреждений, каверн, сколов. По результатам осмотра делается вывод о возможности восстановления изношенного корпуса или

выбраковке его в металлолом. Для определения величины износа применяют различные нутромеры.



Рисунок 1.2 – Аппарат «Посейдон» E15-250-30-Reel

Измерения диаметра выполняют в четырех различных сечениях. В каждом сечении выполняют два одинаковых измерения во взаимно перпендикулярных плоскостях.

На основе результатов измерений и результатов визуального контроля составляется индивидуальная технологическая карта наплавки на каждую гидрокоробку.



Рисунок 1.3 – Нутромер

Дальнейшая работа по восстановлению изношенных поверхностей ведется по технологической карте.

Предварительно выполняются подготовительные операции

Изделие с помощью мостового крана перемещается на участок сварки. Наплавку слоя осуществляют электродами НИАТ-3М, рисунок 1.4. Покрытие электродов – флюоритно-кальциевое. Для обеспечения наплавки слоя в нижнем положении изделие устанавливают на вращатель и закрепляют на планшайбе, планшайбу вращателя поворачивают на 90. Наплавку начинают с центральной части корпуса и наплавляют кольцевой валик. При этом сила сварочного тока устанавливается 120 А, при диаметре электрода 3 мм. Затем выполняют зачистку наплавленного валика и прилегающего металла, включают вращатель и выполняют следующий валик. После наплавки слоя шириной 100 мм, вращатель выставляют в вертикальное положение, кантуют восстанавливаемое изделие и продолжают по указанной схеме наплавку следующего слоя от предыдущего. По такой схеме осуществляют наплавку на всю поверхность. Важным является выполнение наплавки на возможно короткой длине дуги.



Рисунок 1.4 – Электроды НИАТ-3М

По окончании наплавки всей поверхности выполняют операционный контроль. Контроль визуальный. Недопустимыми дефектами являются трещины, несплавления валиков, шлаковые включения в наплавленном слое. При наличии таких дефектов их удаляют абразивным камнем и наплавляют выборку.

#### 1.4 Пути повышения износостойкости восстановленной детали

Повышение износостойкости достигается двумя путями: увеличение содержания в структуре твердой фазы (карбиды, бориды и т.п.) и использование износостойкой металлической матрицы.

Твердые карбидные включения позволяют достигать очень высокой износостойкости. Однако они увеличивают и хрупкость деталей, что значительно затрудняет, а во многих случаях даже исключают эксплуатацию изделий из сплавов с большим количеством карбидной фазы.

Износостойкость металлической матрицы может быть повышена за счет термообработки с целью получения определенного фазового состояния.

В сплавах на основе железа возможны три основных типа металлической основы: феррит, мартенсит и аустенит.

Бейнит можно рассматривать как феррито-цементитную или феррито-аустенитную фазовую смесь в зависимости от содержания кремния.

Феррит обладает низкой износостойкостью и не используется в качестве металлической основы износостойких материалов. Износостойкость мартенсита и аустенита достаточно полно исследована для различных условий абразивного изнашивания и в широком диапазоне химического состава сплавов.

Для мартенситной основы максимально возможная износостойкость достигается после закалки без отпуска стали с содержанием углерода 0,8% и твердостью 840–860 HV.

Легирование мартенсита или увеличение содержания в нем углерода не приводит к повышению износостойкости.

Аустенитная матрица обладает максимальной износостойкостью при предельно возможной нестабильности аустенита ( $M_n \sim 20$  оС) и содержании углерода 1,2 % и более. Высокая износостойкость достигается за счет деформационного мартенситного превращения в поверхностном слое толщиной 20...40 мкм при пластической деформации абразивными зернами. В таком состоянии матрица аустенита при твердости 220–250 HV обладает

значительно более высокой износостойкостью, чем матрица высокоуглеродистого неотпущенного мартенсита.

Износостойкость феррито-цементитного бейнита при твердости до 600 HV значительно уступает износостойкости мартенсита. Фактически при такой структуре износостойкость бейнита подчиняется зависимости «износостойкость-твердость» для сплавов с ферритной основой.

При повышенном содержании кремния цементит в процессе бейнитного превращения не образуется.

Углерод диффундирует из бейнитного феррита в аустенит, что несколько снижает температуру мартенситного превращения и, соответственно, износостойкость. Однако при этом повышается сопротивляемость ударным нагрузкам, а износостойкость остается более высокой, чем износостойкость мартенсита.

Выполнен поиск источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки и наплавки рассматриваемых изделий будем в сети ИНТЕРНЕТ по ключевым словам «наплавка», «ремонт гидравлической коробки», «буровой насос», «сталь 30ХГСА», «диссертация», «журнал Автоматическая сварка», «журнал Сварочное производство».

В первой работе [13] показано, что метастабильные аустенитные композиции проявляют более высокую износостойкость, по сравнению с железоуглеродистыми (в том числе мартенситными), что делает их применение более предпочтительным при восстановлении поверхностей изделий, работающих в условиях трения и действия нагрузок. Газотермические покрытия на никелевой основе при достаточной прочности сцепления с поверхностью детали имеют высокую износостойкость при трении по металлу и могут быть также рекомендованы при восстановлении поверхностей изделий, работающих в этих условиях.

Результаты этой работы применим при анализе возможных способов восстановления.

Во второй работе [14] исследована стойкость против холодных околосшовных трещин (отколов) при различных видах модифицирования сварных швов.

Результаты этой работы использованы при анализе состояния вопроса и составлении проектной технологии ремонтной сварки.

В третьей работе [15] проведён анализ условий работы промышленного смесителя, оценка износостойкости его деталей в эксплуатации, а также рассмотрение возможных путей решения проблемы.

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса.

В четвёртой работе [16] доказано, что при выполнении сварки разработанными электродами легирование металла шва обеспечивают компоненты электродного покрытия – хром, марганец, азотированный марганец, графит, феррованадий, ферротитан. Шихтовые материалы используют чистые по сере и фосфору. Исследования показали, что металл шва при сварке данными электродами имеет преимущественно аустенитную структуру и соответствующую твердость HV 180–260 для металла типа 15X9Г19АТ и HV 260–306 для металла типа 35X9Г22ФТ.

Результаты этой работы применим для составления проектной технологии ремонтной сварки.

В пятой работе [17] Показано, что процесс дуговой наплавки в углекислом газе с импульсной подачей электродной проволоки по сравнению с постоянной ее подачей характеризуется повышенной стабильностью, меньшими потерями электродного металла на разбрызгивание и улучшенными характеристиками износостойкости наплавленного металла 30ХГСА. Установлен оптимальный диапазон параметров импульсной подачи электродной проволоки для наплавки — частота 10...30 Гц, скважность 3...5 ед. Показано, что уменьшение глубины проплавления основного металла достигается за счет снижения тока на стадии роста капли в элементарном цикле переноса электродного металла. С привлечением растровой

электронной микроскопии выполнены сравнительные исследования микроструктуры наплавленного металла и зоны термического влияния при постоянной и импульсной подаче электродной проволоки при увеличениях  $\times 500 \dots 2000$ .

Результаты этой работы будут использованы при анализе возможных способов восстановления и при составлении проектной технологии наплавки, если будет принято решение использовать механизированную наплавку в углекислом газе.

### 1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонта гидравлических коробок буровых насосов за счёт применения эффективных технологий наплавки.

Базовая технология восстановительной наплавки предусматривает применение ручной дуговой наплавки штучными электродами, что приводит к появлению большого числа дефектов, снижает производительность наплавочных работ, которые проходят при неблагоприятных условиях труда сварщика.

Достижение поставленной цели может быть осуществлено при условии решения следующих задач:

- 1) обосновать выбор способа восстановительной наплавки детали;
- 2) составить проектную технологию восстановительной наплавки;
- 3) выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 4) выполнить оценку экономической эффективности предложенных технических решений.

## 2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

### 2.1. Выбор способа восстановительной наплавки

При наплавке штучными электродами электроды выбираются в зависимости от технологии наплавки и условий работы наплавленного металла. Свойства наплавленного металла зависят от предварительного подогрева, методов наплавки, погонной энергии, условий охлаждения, массы и химического состава, термической обработки. Поэтому при наплавке одними и теми же электродами, можно получить металл, обладающий различными свойствами. Необходимые свойства обеспечиваются соответствующей системой легирования.

Достоинствами ручной дуговой наплавки являются относительно высокая прочность наплавленного слоя и простота применяемого сварочного оборудования.

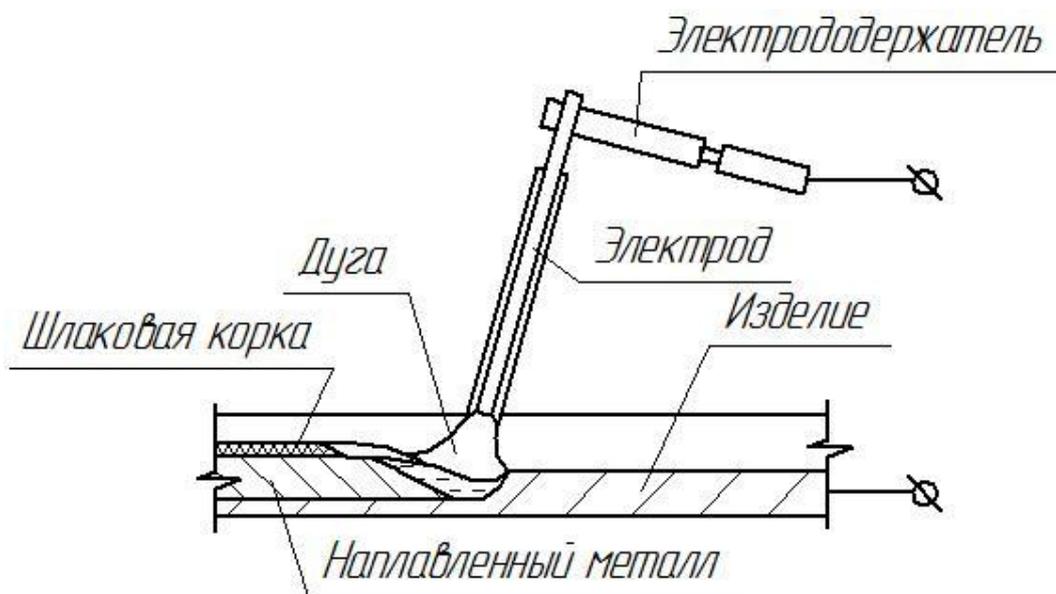


Рисунок 2.1 – Схема дуговой наплавки штучными электродами

Существенным недостатком ручной дуговой наплавки покрытыми электродами является малая производительность наплавки, при этом качество наплавленного металла зависит от практических навыков и кондиции сварщика. Также следует указать, что при ручной дуговой

наплавке скорость расплавления электрода непостоянна в течение всего времени горения дуги и плавления электрода (по мере укорочения электрода скорость расплавления возрастает). При этом происходит изменение глубины проплавления основного металла, что объясняется изменением условий теплопередачи от дуги к основному металлу. Результатом этого является непостоянство соотношения долей электродного и основного металлов, которые участвуют в образовании наплавленного металла, а значит, непостоянство состава и свойств восстановленного слоя.

При наплавке самозащитными порошковыми проволоками обеспечение газовой защиты происходит путём введения в состав шихты сердечника проволоки карбонатов (мрамора, магнезит, кальцинированная сода) или органических компонентов. Большинство сердечников порошковых проволок в числе обязательных компонентов содержат плавиновый шпат, который повышает жидкотекучесть шлака и улучшает рафинирование наплавленного металла. Самозащитные порошковые проволоки могут сильно отличаться по содержанию других шлакообразующих компонентов.

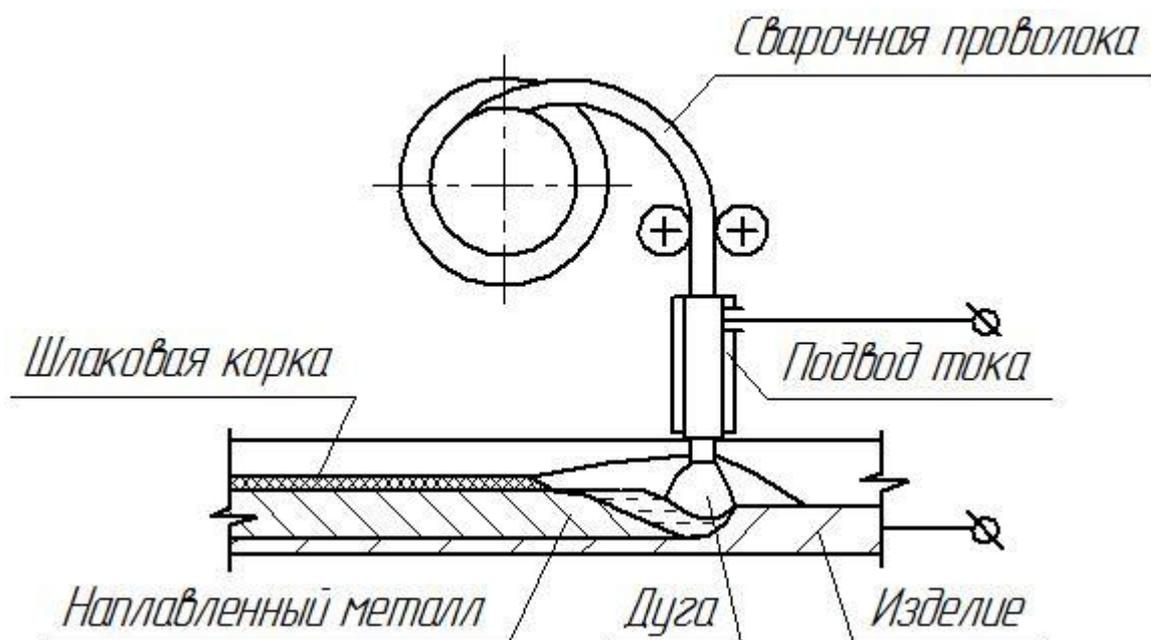


Рисунок 2.2 – Схема наплавки порошковой проволокой

При плазменно-порошковой наплавке и напылении характеристики переноса и плавления присадочного материала напрямую не связаны с током и напряжением дуги и во многом определяются массовой скоростью подачи и фракционным составом присадочного порошка, а также его физическими свойствами. Учитывая тот факт, что при плазменно-порошковой наплавке и напылении в качестве присадочных материалов в основном используются дорогостоящие порошки сплавов на основе никеля и кобальта, а также специальные наплавочные сплавы на основе железа, важной проблемой является оптимизация расхода порошка и минимизация его потерь при этом способе наплавки [18].

В настоящее время промышленность не выпускает установки для плазменно-порошковой наплавки, а существующие установки импортного производства имеют крайне высокую стоимость [18]. Кроме того, зарубежные и выпускавшиеся ранее отечественные установки функционируют на постоянном токе одной полярности (в европейских странах применяется в основном наплавка на прямой полярности, а в Японии – на обратной [19, 20]). Менее распространены в промышленности плазменные установки переменного тока.

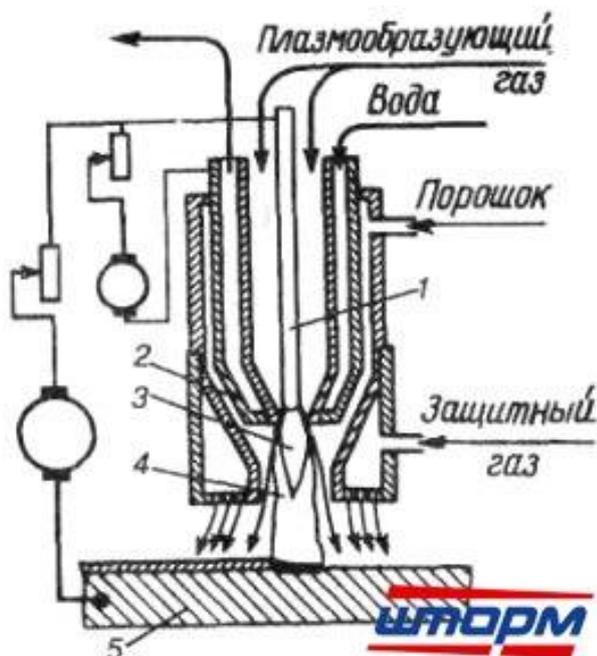


Рисунок 2.3 – Схема плазменной наплавки с вдуванием порошка в дугу

Большое распространение при восстановлении изношенных деталей получила механизированная наплавка в углекислом газе плавящимся электродом сплошного сечения (рис. 2.4). Эта наплавка ведётся на постоянном токе обратной полярности. Вследствие того, что углекислый газ окисляет металл сварочной ванны, требуется вводить в наплавочную проволоку раскислители (марганец, кремний и др.). Подбор типа и марки электродной проволоки следует выполнять исходя из материала подлежащей ремонту детали и требуемых свойств наплавленного металла.

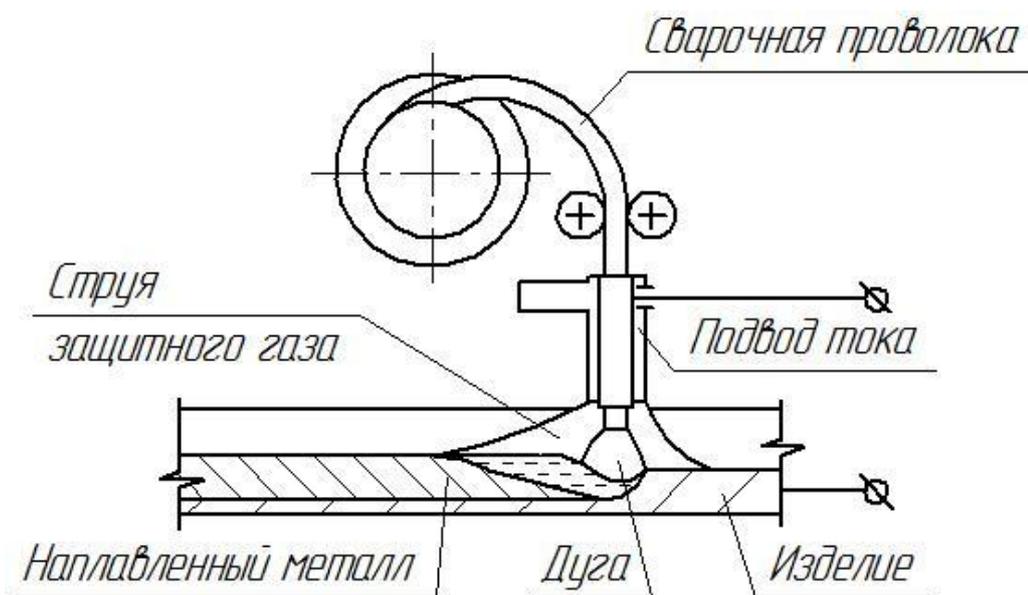


Рисунок 2.4 – Схема наплавки в защитных газах

## 2.2 Повышение эффективности восстановительной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения

В разделе 1 при анализе передовых разработок в области механизированной наплавки после выполненного поиска в глобальных сетях было показано, что процесс дуговой наплавки с использованием импульсных технологий характеризуется повышенной стабильностью, меньшими потерями электродного металла на разбрызгивание и улучшенными характеристиками износостойкости наплавленного металла 30ХГСА.

Сварочная дуга во всех известных защитных газовых средах (кроме аргона) характеризуется пространственной неустойчивостью. Для устранения отрицательного влияния пространственной неустойчивости дуги на ее технологические свойства применяют следующие способы:

- переход к сварке короткой дугой в  $\text{CO}_2$  (естественный импульсный процесс в виде автоколебаний электрических параметров в системе «дуга — источник питания»);
- применение активированного электрода солями металлов щелочной и щелочноземельной групп при сварке в  $\text{CO}_2$  током прямой полярности при средней его величине больше критического ( $I_{\text{ср}} > I_{\text{кр}}$ ) или с импульсным ведением процесса при ( $I_{\text{ср}} < I_{\text{кр}}$ );
- применением газовых смесей с содержанием  $\text{Ar} \geq 80 \%$ ;
- специальным программированием процесса сварки в  $\text{CO}_2$  с импульсным воздействием на дугу.

С появлением цифровых инверторных сварочных источников питания с мощными высокоскоростными процессорами началась активная разработка специализированных алгоритмов управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах, обеспечивающих высокое качество получаемых сварных швов и «простоту техники сварки» даже при относительно невысокой квалификации и незначительных навыках сварщика. Прежде всего это обусловлено общей тенденцией развития сварочных технологий и оборудования направленных на снижение влияния «человеческого фактора» на качество свариваемых изделий. Однако большее значение имеют разработки, связанные с расширением технологических возможностей и повышением производительности (эффективности) полуавтоматической сварки в защитных газах.

Таковыми новыми разработками в 2009 году стали процессы MIG/MAG сварки SpeedPuls, SpeedArc, SpeedUp и чуть позднее появился SpeedRoot, каждый из которых, имея свою оригинальную особенность применения, обеспечивал высокое качество сварных швов при максимальной

производительности процесса сварки в защитных газах в конкретных условиях применения. Алгоритмы управления такими процессами сварки реализованы программным обеспечением сварочных источников питания в виде синергетических программ (настроек) для сварки углеродистых сталей, нержавеющей сталей в смесях защитных газов (Ar и CO<sub>2</sub>) и алюминиевых сплавов в аргоне. Процесс SpeedRoot, предназначенный для сварки корневых проходов с формированием обратного валика реализован и для сварки в 100% CO<sub>2</sub>. Еще одним преимуществом явилось то, что все указанные выше процессы, можно включать на типовых сварочных аппаратах разработчика, наряду с обычными («стандартными») режимами полуавтоматической сварки в защитных газах. Активация функций Speed-процессов производится изначально при предпродажной подготовке сварочного оборудования, либо по необходимости уже в процессе эксплуатации при возникновении соответствующих сварочных задач (дооснащение). Speed-процессы легко автоматизируются и поэтому активно применяются в автоматических и роботизированных сварочных установках.

В 2016 году совместно с модернизированным сварочным оборудованием серии S SpeedPuls XT представлено два усовершенствованных процесса сварки SpeedPuls XT, SpeedArc XT.

Применение импульсной дуги при MIG/MAG сварке сталей в основном связано с необходимостью обеспечения четко дозированного переноса электродного металла и как следствие обеспечение минимальных тепловложений, связанных с этим деформаций и т.п. Дозированность переноса как правило реализуется при помощи импульсов сварочного тока в определенном диапазоне. Недостатком традиционного импульсного процесса в свою очередь является меньшая производительность сварки. Отличие процесса SpeedPuls (и далее SpeedPuls XT) от традиционного импульсного процесса сварки заключается в том, что во время пауз между импульсами на долю миллисекунды включается струйный процесс переноса металла, т.е. за основной направляющей каплей следует вторичный перенос металла, тем

самым перенос электродного металла в сварочную ванну происходит и между импульсами тоже, рисунок 2.5.

В результате за счет увеличенной производительности расплавления существенно увеличивается (до 48%) производительность процесса (скорость) сварки SpeedPuls относительно традиционной импульсной сварки, а при одинаковой скорости подачи сварочной проволоки обеспечивается меньшее на 20% тепловложение в изделие.

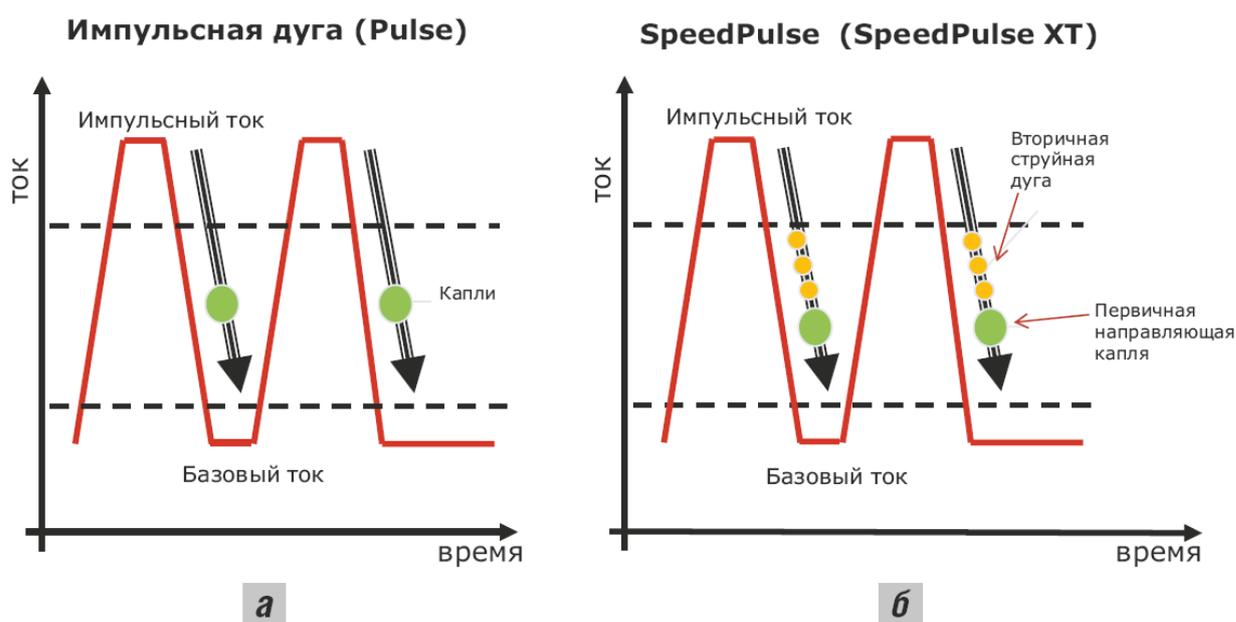


Рисунок 2.5 – Механизм переноса электродного металла: импульсная дуга (а), режим дуги SpeedPuls (б).

Высокая производительность импульсной сварки по методу SpeedPuls является особенно актуальной для наплавки корпуса бурового насоса. С учетом диаметра наплавляемого цилиндра, необходимости перекрытия наплавляемых валиков, получаем достаточно большую протяженность сварного шва. Поэтому применение высокопроизводительного процесса SpeedPuls является более предпочтительным, в сравнении с остальными методами импульсных технологий дуговой сварки. Также важным является минимизация тепловложения в наплавляемый корпус. Остаточные деформации могут существенно увеличить трудоемкость механической обработки наплавленного слоя.

### 2.3 Выбор параметров режима

Рассмотрим определение параметров режима наплавки по данному методу. Типовая модулированная осциллограмма процесса SpeedPuls показана на рис. 2.6, из которой видно, что модификация импульсного процесса сварки SpeedPuls обеспечивает вторичный переход металла струйной дугой в ограниченных интервалах времени, следующего за первичной каплей.

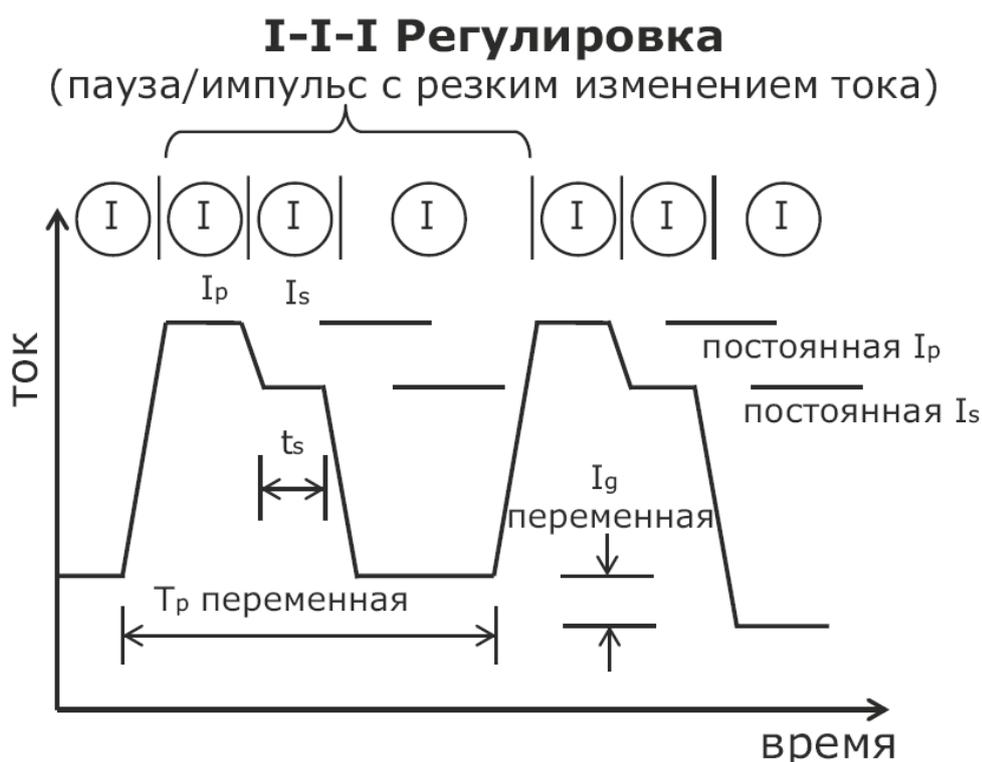


Рисунок 2.6 – Типовая осциллограмма процесса SpeedPuls

Одним из основных параметров, определяющих геометрические размеры шва при импульсном питании сварочной дуги в  $CO_2$ , является амплитуда импульсов сварочного тока. Изменение глубины проплавления, ширины шва и выпуклости в зависимости от амплитуды импульсов сварочного тока показано на рис. 2.7. Увеличение глубины проплавления связано с тем, что при действии импульса тока дуга стабилизируется, возникает мощный анодный поток, приводящий к увеличению силового воздействия дуги на ванну и вытеснению металла из нее. Это вызывает уменьшение толщины жидкой прослойки под дугой и повышение

теплопередачи от сварочной дуги основному металлу. Однако большое увеличение амплитуды импульса сварочного тока нарушает формирование металла шва (выплески и наплывы).

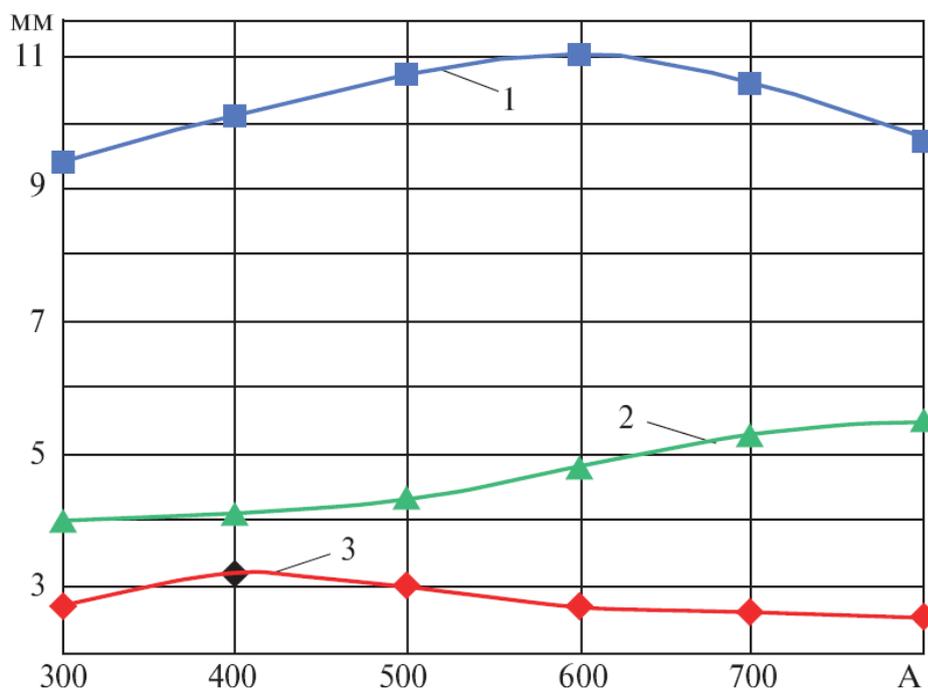


Рисунок 2.7 – Зависимость глубины проплавления Нв (1), ширины В (2), и выпуклости Е (3) шва от амплитуды тока ( $V_{п} = 450$  м/ч;  $V_{св} = 15$  м/ч)

Применительно к условиям наплавки большая глубина проплавления может привести к большему легированию наплавляемого валика основным металлом. А поскольку решено наплавлять слой, который будет обеспечивать максимальную износостойкость в заданных условиях эксплуатации, то чрезмерное увеличение амплитуды нам не подходит.

Длительность импульса сварочного тока определяет количество энергии, вводимой в дугу во время импульса. Зависимость размеров сварного шва от длительности импульсов сварочного тока приведена на рис. 2.8. С увеличением длительности импульсов увеличиваются ширина шва и глубина проплавления, а выпуклость шва уменьшается. Следовательно чрезмерно длинные импульсы не подходят.

При увеличении среднего значения сварочного тока возрастают давление дуги и скорость переноса капель электродного металла, что

приводит к увеличению параметров проплавления, рисунок 2.9. Чем больше ток, тем меньше прослойка жидкого металла в зоне действия дуги. Металл давлением дуги вытесняется в хвостовую часть сварочной ванны

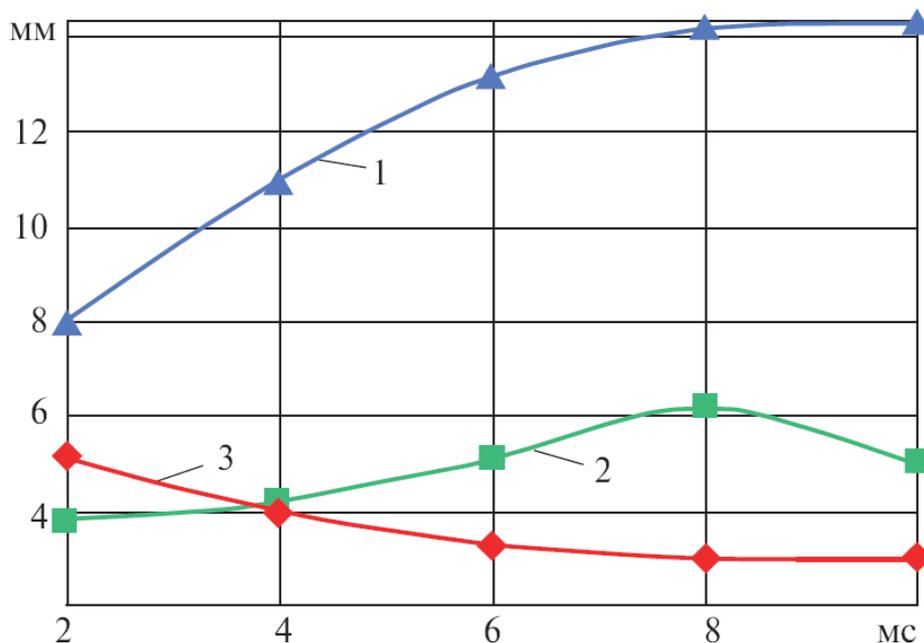


Рисунок 2.8 – Зависимость глубины проплавления Нв (1), ширины В (2), и выпуклости Е (3) шва от длительности импульсов ( $I_{ср} = 200$  А;  $V_{п} = 450$  м/ч;  $V_{св} = 15$  м/ч)

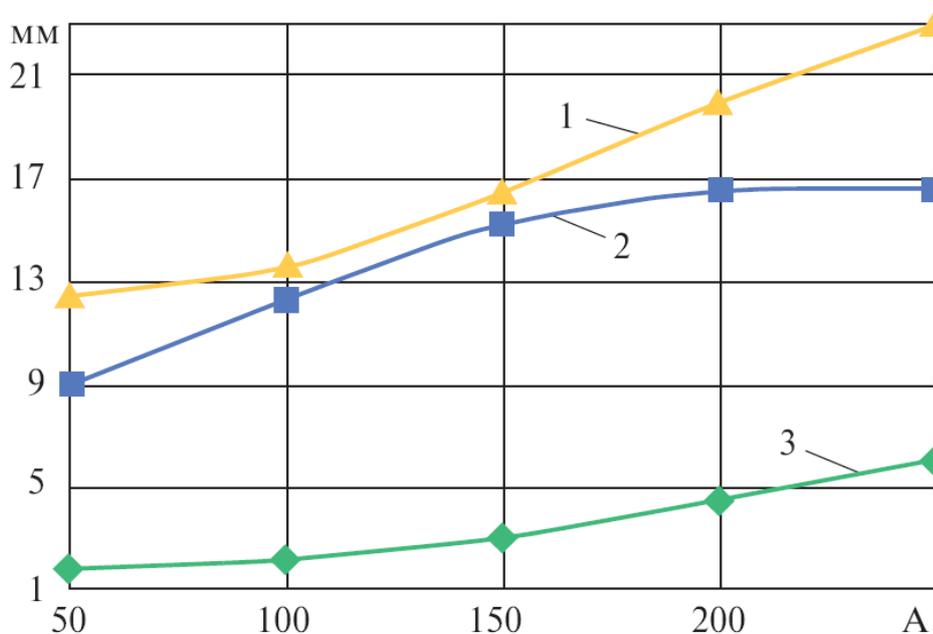


Рисунок 2.9 – Зависимость глубины проплавления Нв (1), ширины В (2), и выпуклости Е (3) шва от среднего значения тока

## 2.4 Выбор материала для наплавки изношенной поверхности цилиндра

Проведенный в первом разделе работы анализ базового способа наплавки показал, что основной недостаток применяемого способа наплавки ММА (дуговая, штучными электродами) – зависимость производительности и качества наплавки от субъективных характеристик электросварщика. Дальнейший анализ показал, что импульсные технологии механизированной сварки уменьшают зависимость качества и производительности от состояния электросварщика, но снижают производительность наплавки. Однако применение процесса SpeedPuls позволяет увеличить производительность.

Следующий этап разработки технологии наплавки – выбор сварочных материалов.

При выборе типа и марки сварочных материалов в общем случае добиваются совпадения химического состава основного и наплавленного металла.

Но в случае наплавки, в первую очередь следует принимать во внимание условия при которых конструкция эксплуатируется, рабочая температура, например, рабочее давление и другие. В данном случае наплавленный слой, по возможности, должен хорошо сопротивляться эксплуатационным воздействиям. Следовательно, его химический состав не обязательно должен совпадать с химическим составом основного металла. Однако проблема здесь заключается в том, что необходима квалифицированная оценка стойкости слоя данного химического состава в данных условиях эксплуатации. Обеспечить квалифицированный подбор наплавочного материала могут системы искусственного интеллекта. Воспользуемся услугами экспертной системы «ASWARE». Экспертные системы предназначены для автоматизации задач и процессов принятия решений. В нашем случае речь идет о выборе из большого многообразия наплавочных материалов. Каждый из них обладает высокой стойкостью в определенных условиях эксплуатации восстанавливаемого изделия. Кроме

того, нужно учесть особенности взаимодействия наплавленного металла с основным материалом.

По сходным условиям работы и изнашивания в ASWARE наплавляемые детали объединены в 42 группы.

Способы наплавки система определяет исходя из выбранного для наплавки материала, расположения наплавленной поверхности в пространстве, габаритов наплавленной детали. В нашем случае способ наплавки задан – это дуговая сварка плавящимся электродом.

Начиная работу с системой указываем группу деталей, к которой относится изделие. Анализ имеющихся групп и их характеристик позволяет отнести детали к группе №14. Виды изнашивания данной группы при заедании, кавитационное, коррозия.

После выбора группы №14 вводим размеры наплавленной детали. Затем выбираем группу металла изделия. Задаем следующие условия работы и виды изнашивания:

Виды трения – трение скольжения;

Давление в контакте – менее 50-150 МПа;

Вид нагрузок – постоянные, без ударов;

Контртело – металл, поток жидкости;

Температура контртела – от 10 до 150°C;

Среда – некоррозионная

Температура среды - от 10 до 150°C;

Давление среды – до 20 МПа;

Виды изнашивания – при заедании, кавитационное, коррозия.

Программа, после анализа сведений о условиях эксплуатации корпуса предоставляет для анализа список наплавочных материалов.

Химический состав, в процентах весовых, предлагаемых машиной материалов следующий:

ПП-Нп-10Х14Т - углерод 0,1, кремний 0,4 марганец 0,5 хром 14, титан 0,2;

ПП-Нп-12Х13Н2МФА углерод 0,12 кремний 0,6 марганец 0,8. никель 1,6, хром 13 молибден 0,8 азот 0,06 ванадий 0,2;

ПП-Нп-15Х13 – углерод 0,15, кремний 0,8 марганец 0,6 хром 13;

ПП-Нп-10Х17Н9С5ГТ - углерод 0,1 кремний 5 марганец 1,5. никель 9, хром 17 титан 0,2;

Нп-20Х14 – углерод 0,2 кремний 0,8 марганец 0,8. никель 0,35, хром 14

Св-20Х13 – углерод 0,2 кремний 0,6 марганец 0,6. хром 13

Выполнив анализ предлагаем для наплавки сварочную проволоку НП-20Х14. Для заданных условий эксплуатации корпуса проволока обеспечивает наплавку слоя обладающего высокими значениями сопротивления износу при заедании, при кавитационном изнашивании и средними значениями коррозионной стойкости.

## 2.5 Технология наплавки

Подготовительные операции не изменяются, и остаются как в базовой технологии. Корректировка подготовительных операций заключается в том, что при наплавке данного слоя, согласно требованиям экспертной ситемы есть необходимость предварительного подогрева изделия до температуры 250...350°С, и только после этого деталь подвергается наплавке.

Корпус загружают в предварительно разогретую печь и выдерживают в течение 1 часа, чтобы изделие прогрелось полностью.

Затем для обеспечения наплавки слоя в нижнем положении изделие устанавливают на вращатель и закрепляют на планшайбе, планшайбу вращателя поворачивают на 90. Наплавку начинают с центральной части корпуса и наплавляют кольцевой валик.

Наплавка выполняется на постоянном токе обратной полярности. Диаметр присадочной проволоки 1,8 мм. Для данного диаметра, согласно рекомендациям раздела 2.2 настоящей работы установим следующие параметры режима. Сила тока – среднее значение 130-150 А. Скорость сварки 15 м/час, скорость подачи проволоки 450 м/час. Величина тока  $I_g$  – 90

А, величина тока  $I_p$  – 250 А, величина тока  $I_s$  – 190 А. Продолжительность протекания тока  $I_g$  0,01 с, продолжительность протекания тока  $I_p$  0,05 с, продолжительность протекания тока  $I_s$  – 0,05 с.

Затем выполняют зачистку наплавленного валика и прилегающего металла, включают вращатель и выполняют следующий валик. После наплавки слоя шириной 100 мм, вращатель выставляют в вертикальное положение, кантуют восстанавливаемое изделие и продолжают по указанной схеме наплавку следующего слоя от предыдущего. По такой схеме осуществляют наплавку на всю поверхность.

По окончании наплавки всей поверхности выполняют операционный контроль. Контроль визуальный. Недопустимыми дефектами являются трещины, несплавления валиков. При наличии таких дефектов их удаляют абразивным камнем и наплавляют выборку.

## 3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 3.1 Технологическая характеристика объекта

Участок, на котором осуществляют ремонтную наплавку корпусов гидравлических коробок насосов, содержит следующее оборудование: моющий аппарат «Посейдон», печь для прокалики, вращатель сварочный, кран мостовой, выпрямитель сварочный, реостат, станок токарный.

Технологии, в которых предусмотрено в качестве основной операции выполнение дуговой сварки наплавки, представляют собой источник опасных и вредных производственных факторов. Этот факт приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости оборудования для сварки. В связи с применением в проектной технологии импульсного управления горением сварочной дуги необходимо проведение исследований, направленных на изучение взаимосвязи энергетических параметров процесса сварки (ток и напряжения на дуге), особенностей протекания процесса сварки и внешних условий, при котором он протекает, объемов выделений сварочного аэрозоля и других вредных веществ.

Влияние процесса сварки и контроля качества на гигиенические характеристики изучено в недостаточной мере. В экологическом разделе настоящей выпускной квалификационной работы будет выполнена сравнительная гигиеническая оценка технологии сварки и контроля качества и предложены меры защиты персонала от возникающих опасных и вредных факторов, сопровождающих проектную технологию.

Дуговая сварка в защитных газах обладает высокой производительностью, она очень востребована в промышленности. Тем не менее, продолжаются поиски путей улучшения её санитарно-гигиенических характеристик.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Должность работника, выполняющего данную операцию рассматриваемого технологического процесса	Оборудование, устройства и приспособления, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса	Вещества и материалы, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса
1. Подготовительная	Слесарь-сборщик	Моющий аппарат "Посейдон" E15-250-30-Reel, Печь для проковки	Щелочной раствор, Вода техническая
2 Дефектация	Инженер - дефектоскопист	Штангенциркуль, линейка измерительная, лупа	-
3. Подготовка дефектного места	Слесарь-сборщик	Щётка металлическая, машинка зачистная	Воздух сжатый
4. Подгорев	Термист	Электродпечь	Рукавицы
5. Наплавка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Полуавтомат сварочный, вращатель	Углекислый газ, проволока Нп-20Х14
6. Механическая обработка	Токарь-фрезеровщик	Токарный станок 1К62Ф3С	Резец Р6М5, СОЖ "Укринал"
7. Проведение контроля качества восстановленных гидрокоробок	Инженер - дефектоскопист	Лупа х4, линейка, твердомер, штангенциркуль, набор ДМК-4	-

### 3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Операция в рамках рассматриваемого технологического процесса	Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса
1	2	3
1. Подготовительная	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование</li> </ul>	<p>Моющий аппарат "Посейдон" E15-250-30-Reel, Печь для прокалики</p>
2 Дефектация	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне;</li> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> </ul>	<p>Штангенциркуль, линейка измерительная, лупа</p>
3. Подготовка дефектного места	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>	<p>Щётка металлическая, машинка зачистная</p>

1	2	3
4. Подгорев	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур</li> </ul>	Электродпечь
5. Наплавка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;</li> <li>- повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур</li> </ul>	Полуавтомат сварочный, вращатель
6. Механическая обработка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> <li>- перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;</li> <li>- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование</li> </ul>	Токарный станок 1К62Ф3С
7. Проведение контроля качества восстановленных гидрокоробок	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;</li> </ul>	Лупа х4, линейка, твердомер, штангенциркуль, набор ДМК-4

### 3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал	Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, деталей до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-

1	2	3
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-
8. Повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;	Инструктаж производственного персонала	Местная и общеобменная вытяжная вентиляция

### 3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Таблица 3.4 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.5 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная наплавка	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, сборочное приспособление, сварочный полуавтомат, аппарат ультразвукового контроля	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, термическая обработка, операции наплавки, контрольные операции.	Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений.	Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре.

### 3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Ремонтная наплавка	Подготовительная операция, термическая обработка, операция наплавки, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения плазменной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Ремонтная наплавка металлических конструкций
Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу	На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение.

### 3.6 Выводы по экологическому разделу

При выполнении экологического раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии плазменной наплавки, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

## 4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

### 4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества восстановительной наплавки корпуса гидравлической коробки бурового насоса. Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение ручной дуговой сварки. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на ремонт дефектных участков. Также при наплавке по базовому варианту происходит ухудшение характеристик восстановленного оборудования и его скорый выход из строя. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений. В таблице 4.1 собраны и систематизированы коэффициенты, и иные данные, которые могут понадобиться при выполнении расчетов.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

№	Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
				Базовая	Проектная
1	2	3	4	5	6
1	Принятое число рабочих смен	Ксм	-	1	1
2	Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
3	Разряд сварщика	Р.р.		V	V
4	Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	95,29	95,29
5	Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
6	Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
8	Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
9	Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м <sup>2</sup> )/год	4500	4500
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м <sup>2</sup>	30000	30000
11	Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м <sup>2</sup>	30	30
12	Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
14	Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии:	Цоб	Руб.	240 тыс.	560 тыс.
15	Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	3,6	5,0

1	2	3	4	5	6
17	Принятое значение стоимость электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
18	Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,2	1,2
19	Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
20	Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,72	1,72
22	Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,97	1,97
23	Время машинное	t <sub>МАШ</sub>	час	0,4	0,2

#### 4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

$$F_H = (D_p \cdot T_{CM} - D_{II} \cdot T_{II}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где  $T_{CM}$  – продолжительность в часах рабочей смены;

$D_p$  – суммарное для одного года число рабочих дней;

$D_{II}$  – суммарное для одного гола число предпраздничных дней;

$T_{II}$  – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

$C$  – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где  $B$  – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_3 = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

#### 4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}}, \quad (4.3)$$

где  $t_{\text{шт}}$  – общий объём времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{маш}}$  – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{всп}}$  – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от  $t_{\text{маш}}$ ;

$t_{\text{обсл}}$  – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5%  $t_{\text{маш}}$ ;

$t_{\text{отл}}$  – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5%  $t_{\text{маш}}$ ;

$t_{П-3}$  – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1%  $t_{МАШ}$ .

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{шт.баз} = 0,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,484 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,242 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

$$П_{Г} = \frac{F_{Э}}{t_{шт}} \quad (4.4)$$

где  $F_{Э}$  – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{шт}$  – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4) результаты вычисления:

$$П_{Г.баз.} = 2054/0,484 = 4243 \text{ изделий за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 2054/0,242 = 8487 \text{ изделий за год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя из принятого значения  $П_{Г} = 1000$  изделий за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле::

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot П_{Г}}{F_{Э} \cdot K_{ВН}} \quad (4.5)$$

где  $t_{шт}$  – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

$П_{Г}$  – принятая годовая программа;

$F_{Э}$  – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$K_{ВН}$  – значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

$$n_{РАСЧ.б} = \frac{0,484 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,2} = 0,2$$

$$n_{РАСЧ.пр} = \frac{0,242 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,2} = 0,1$$

По результатам проведённых расчётов следует принять по одной единице технологического оборудования при реализации базовой технологии и проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Кз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где  $n_{расч}$  – рассчитанное по (4.5) количество оборудования;

$n_{пр}$  – принятое количество оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$Кзб = 0,2/1 = 0,2$$

$$Кзп = 0,1/1 = 0,1$$

#### 4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Размер затрат на материалы, которые требуются для реализации базовой и проектной технологии, вычисляем согласно формуле:

$$M = Ц_{м} \cdot N_{р} \cdot K_{Т-З}, \quad (4.7)$$

где  $Ц_{м}$  – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

$K_{Т-З}$  – величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов.

$$M_{баз.} = 270 \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 425,25 \text{ руб.}$$

$$M_{проектн.} = 410 \cdot 0,8 \cdot 1,05 + 90 \cdot 0,7 \cdot 1,05 = 410,55 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – принятая тарифная ставка;

$K_{\text{д}}$  – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 0,484 \cdot 95,29 \cdot 1,88 = 86,70 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,242 \cdot 95,29 \cdot 1,88 = 43,35 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где  $K_{\text{доп}}$  – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$З_{\text{доп.баз.}} = 86,70 \cdot 12 / 100 = 10,40 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 43,35 \cdot 12 / 100 = 5,20 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{баз.}} = 86,70 + 10,40 = 97,10 \text{ руб.};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 43,35 + 5,20 = 48,55 \text{ руб.}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

$$\text{Осн} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100, \quad (4.10)$$

где  $K_{\text{сн}}$  – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 97,10 \cdot 30/100 = 29,13 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 48,55 \cdot 30/100 = 14,57 \text{ руб.}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

где  $A_{\text{об}}$  – амортизация оборудования;

$P_{\text{э-э}}$  – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где  $Ц_{\text{об}}$  – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$N_{\text{а}}$  – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{\text{обб}} = \frac{240000 \cdot 0,4 \cdot 21,5 \cdot 1}{2054 \cdot 100} = 10,05 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{обпр}} = \frac{560000 \cdot 0,2 \cdot 21,5 \cdot 1}{2054 \cdot 100} = 11,72 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot Ц_{\text{э-э}}}{КПД} \quad (4.13)$$

где  $M_{\text{УСТ}}$  – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$Ц_{\text{э-э}}$  – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии;

КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{3,6 \cdot 3,02 \cdot 0,4 \cdot 1}{0,7} = 6,21 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{5,0 \cdot 3,02 \cdot 0,2 \cdot 1}{0,7} = 4,31 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{оббаз.}} = 10,05 + 6,21 = 16,26 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{обпроектн.}} = 11,72 + 4,31 = 16,03 \text{ руб.}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

$$Z_{\text{пл}} = P_{\text{пл}} + A_{\text{пл}}, \quad (4.14)$$

где  $P_{\text{пл}}$  – размер расходов на эксплуатацию и содержание площадей;

$A_{\text{пл}}$  – амортизация площадей.

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{экспл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}}}, \quad (4.15)$$

где  $C_{\text{экспл}}$  – затраты на содержание площадей

$S$  – площадь, занимаемая оборудованием.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$P_{\text{плб}} = \frac{4500 \cdot 30 \cdot 0,4}{2054} = 26,29 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{плпр}} = \frac{4500 \cdot 30 \cdot 0,2}{2054} = 13,15 \text{ руб.}$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{Ц_{\text{ПЛ}} \cdot \text{На}_{\text{ПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ШГ}}}{F_{\text{Э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где  $\text{На}_{\text{ПЛ}}$  – норма амортизации площади;

$Ц_{\text{ПЛ}}$  – стоимость приобретения площадей

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.16) результаты вычисления:

$$A_{\text{ПЛб}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 0,4 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 36,81$$

$$A_{\text{ПЛпр}} = \frac{30000 \cdot 30 \cdot 0,2 \cdot 21}{2054 \cdot 100} = 18,40$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$З_{\text{ПЛБаз.}} = 26,29 + 36,81 = 63,10 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛПроектн.}} = 13,15 + 18,40 = 31,55 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + \text{Осс} + З_{\text{Об}} + З_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.17) результаты вычисления:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 425,25 + 97,10 + 29,13 + 16,26 + 63,10 = 630,84 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 410,55 + 48,55 + 14,57 + 16,03 + 31,55 = 521,25 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{Осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.18)$$

где  $K_{\text{ЦЕХ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.18) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 630,84 + 86,70 \cdot 1,72 = 630,84 + 149,12 = 779,96 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 521,25 + 43,35 \cdot 1,72 = 521,25 + 74,56 = 595,81 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.19)$$

где  $K_{\text{ЗАВ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 779,96 + 86,70 \cdot 1,97 = 779,96 + 170,80 = 950,76 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 595,81 + 43,35 \cdot 1,97 = 595,81 + 85,40 = 681,21 \text{ руб.}$$

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	425,25	410,55
2	Фонд заработной платы	ФЗП	97,10	48,55
3	Отчисления на соц. нужды	О <sub>СН</sub>	29,13	14,57
4	Затраты на оборудование	Зоб	16,26	16,03
5	Расходы на площади	Зпл	63,10	31,55
	Себестоимость технологич.	Стех	630,84	521,25
6	Расходы цеховые	Рцех	149,12	74,56
	Себестоимость цеховая	Сцех	779,96	595,81
7	Расходы заводские	Рзав	170,80	85,40
	Себестоимость заводская	С <sub>ЗАВ</sub>	950,76	681,21

#### 4.5 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.20)$$

где  $K_{\text{З}}$  – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$C_{\text{ОБ.Б.}}$  – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

$n$  – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

$$C_{\text{ОБ.Б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.21)$$

где  $C_{\text{ПЕРВ.}}$  – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии;

$T_{\text{СЛ}}$  – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений;

$N_{\text{А}}$  – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 240000 - (240000 \cdot 2,5 \cdot 21 / 100) = 114000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 114000 \cdot 0,2 = 22800 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

где  $K_{\text{ОБПР}}$  – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$  – принятая величина капитальных вложений в площади;

$K_{\text{СОП}}$  – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПР}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗПР}} \quad (4.23)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.23) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБППроектн.}} = 1 \cdot 560000 \cdot 1,05 \cdot 0,1 = 58800 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 240000 \cdot 3 / 100 = 7200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где  $K_{\text{МОНТ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) и в формулу (4.26) результаты вычисления:

$$K_{\text{МОНТ}} = 1 \cdot 560000 \cdot 2 / 100 = 11200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 7200 + 11200 = 18400 \text{ руб.}$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 58800 + 18400 = 77200 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}. \quad (4.27)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.27) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДОП}} = 77200 - 22800 = 54400 \text{ руб.}$$

#### 4.6 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.28) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,484 - 0,242}{0,484} \cdot 100\% = 50\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.29)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.30)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{630,84 - 521,25}{630,84} \cdot 100\% = 17,4\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_{\text{T}} \quad (4.31)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (950,76 - 681,21) \cdot 1000 = 269550 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (4.32)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{54400}{269550} = 0,2$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Э}_{\text{г}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - \text{Е}_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{г}} = 269550 - 0,33 \cdot 54400 = 251598 \text{ руб.}$$

#### 4.7 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать проектную и базовую технологии: технологической и заводской себестоимости ремонтной сварки.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты: уменьшить трудоемкость на 50 %, увеличить производительность труда на 100 %, уменьшить технологическую себестоимость на 17,4 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил приблизительно 270 тыс. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 252 тыс. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности и качества ремонта гидравлических коробок буровых насосов за счёт применения эффективных технологий наплавки.

Предварительный литературный обзор позволил выделить пять наиболее применимых к рассматриваемому изделию способов восстановления:

- 1) ручная дуговая наплавка штучными электродами;
- 2) наплавка порошковой проволокой;
- 3) наплавка в среде углекислого газа;
- 4) лазерная наплавка;
- 5) плазменная наплавка.

Дальнейшая работа по достижению поставленной цели велась путём решения следующих задач:

- 1) обосновать выбор способа восстановительной наплавки детали;
- 2) составить проектную технологию восстановительной наплавки;
- 3) выполнить оценку безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 4) выполнить оценку экономической эффективности предложенных технических решений.

В ходе выполнения экологического раздела выполнен анализ экологической безопасности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений и предложены меры по защите персонала от вредных и опасных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии. Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 252 тыс. рублей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // *Journal of Friction and Wear*. – 2015. – №3. – P. 237–240.
2. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // *Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph* /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
3. Материалы и энергосберегающие технологии наплавки для восстановления и изготовления деталей машин и механизмов / И.А. Рябцев, Ю.М. Кусков, И.А. Кондратьев, Я.П. Черняк, И.И. Рябцев // *Автоматическая сварка*. – 2007. – №3. – С.21–26.
4. Жудра А.П. Наплавочные порошковые ленты (Обзор) / А.П. Жудра, А.П. Ворончук // *Автоматическая сварка*. – 2012. – №1. – С.39–44.
5. Чигарев В.В. Производство и применение порошковых лент для наплавки износостойких сплавов / В. В. Чигарев // *Автоматическая сварка*. – 1994. – №2. – С.51–52.
6. Чигарев В.В. Порошковые ленты для наплавки / В.В. Чигарев, А.Г. Белик // *Сварочное производство*. – 2011. – №8. – С.38–44.
7. Principles for developing grinding media with increased wear resistance. Part 1. Abrasive Wear Resistance of iron-based alloys / A.D. Koval, V.G. Efremenko, M.N. Brykov, M.I. Andrushchenko, R.A. Kulikovskii, A.V. Efremenko // *Journal of friction and wear*. – 2012. – V.33. – №1. – P. 39–46.
8. Брыков М.Н. Износостойкость сталей и чугунов при абразивном изнашивании : научное издание / М.Н.Брыков, В.Г.Ефременко, А.В.Ефременко. – Херсон : Гринь Д.С., 2014. – 364 с.
9. Структура и свойства зоны термического влияния сварных соединений высокопрочной стали мартенситного класса / В. И. Кабацкий, В.

В. Подгаецкий, Д. П. Новикова и др. // Автоматическая сварка. – 1988. – № 1. – С. 16–20.

10. Кабацкий В.И. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства низколегированных высокопрочных сварных швов / В. И. Кабацкий, А. В. Кабацкий, В. М. Карпенко // Вестник Приазовского государственного технического университета. – Мариуполь, 1998. – Вып. 6. – С. 254–259.

11. Кабацкий В. И. Влияние характера модифицирования на свойства высокопрочных низколегированных сварных швов [Электронный ресурс] / В. И. Кабацкий, А. В. Кабацкий // Вісник ДДМА : сб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – № 3Е (14). – С. 66–71. – Режим доступа: <http://www.dgma.donetsk.ua/publish/vesnik/pdf/10.pdf>.

12. Кабацкий А. В. Низколегированные электродные материалы для сварки закаливающихся сталей / А.В. Кабацкий // Вестник ПГТУ. – Мариуполь, 1998. – Вып. 6. – С. 260–264.

13. Кузнецов, В.Д. Износостойкость углеродистых и аустенитных композиций при трении металла по металлу / В.Д. Кузнецов, В.Н. Пашенко, В.А. Маковой // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. – 2010. – № 2. – С. 147–151.

14. Кабацкий, В.И. Исследование особенностей образования холодных трещин в сварных соединениях закаливающихся сталей / В.И. Кабацкий, А.В. Кабацкий // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. – 2011. – № 1. – С. 91–95.

15. Посыпайко, И.Ю. Анализ путей повышения износостойкости сменных деталей промышленных смесителей / И.Ю. Посыпайко, О.В. Соценко // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. – 2010. – № 3. – С. 222–226.

16. Калинин, Ю.А. Обеспечение качественной сварки износостойких сталей / Ю.А. Калинин, М.Н. Брыков // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. – 2016. – № 2. – С. 138–141.

17. Лебедев, В.А. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки / В.А. Лебедев, И.В. Лендел, А.В. Яровицын [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 3. – С. 25–30.

18. Гладкий, П.В. Плазменная наплавка / П.В. Гладкий, Е.Ф. Переплетчиков, И.А. Рябцев. – К. : Екотехнологія, 2007. – 202 с.

19. Сидоров, А.И. Восстановление деталей машины напылением и наплавкой / А.И. Сидоров. – М. : Машиностроение, 1987. – 192 с.

20. Кудинов, В.В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий / В.В. Кудинов, В.М. Иванов. – М. : Машиностроение. – 1981. – 192 с.

21. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

22. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

23. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.